

洗碗机温升控制技术对洗涤效果的影响分析

杨叔仲

奥佳华智能健康科技集团股份有限公司，厦门市思明区，361000；

摘要：本研究针对洗碗机温升控制技术对洗涤效果的影响进行了深入分析。通过理论分析与实验验证相结合的方法，系统阐述了温升控制技术的基本原理、影响机理及优化策略。研究发现，合理的温升控制技术能够显著提升洗涤效果，其中分段式温升控制在油脂类污渍去除方面表现优异，而智能自适应控制则在综合洗涤效率方面具有明显优势。本研究为洗碗机温升控制技术的进一步发展提供了理论依据和实践指导。

关键词：洗碗机；温升控制；洗涤效果；热力学机制；参数优化

DOI：10.69979/3060-8767.25.08.078

引言

随着现代家庭生活品质的不断提升，洗碗机作为重要的厨房电器，其洗涤效果与能耗控制成为用户关注的核心问题。温升控制技术作为影响洗涤效果的关键因素，直接决定了洗碗机的整体性能表现。传统洗碗机多采用固定温度加热模式，难以根据不同污渍类型和餐具材质进行精准调节，导致洗涤效果不均匀、能耗偏高等问题。

现有研究表明，洗涤过程中的温度变化规律对污渍分解、洗涤剂活化以及餐具保护等方面具有重要影响。然而，当前对于温升控制技术的系统性研究相对有限，特别是在温升控制参数与洗涤效果之间的定量关系方面缺乏深入探讨。因此，深入分析温升控制技术对洗涤效果的影响机理，优化温升控制策略，对于提升洗碗机整体性能具有重要的理论意义和实用价值。

本研究旨在通过理论分析与实验验证相结合的方法，系统阐述温升控制技术的基本原理和影响机理，提出相应的优化策略，为洗碗机温升控制技术的发展提供科学依据。

1 洗碗机温升控制技术基础理论

1.1 温升控制技术基本原理

温升控制技术是指通过精确调节洗涤过程中水温的变化规律，以达到最佳洗涤效果的技术手段。其核心在于根据污渍特性、餐具材质和洗涤剂特点，制定合理的温度变化曲线^[1]。温升控制系统通常包括温度传感器、控制器、加热元件和执行机构等主要组件。

温升控制的基本原理可表述为：在洗涤过程的不同阶段，通过调节加热功率和加热时间，使洗涤水温按照

预设曲线变化。这种控制方式能够在保证洗涤效果的前提下，最大限度地降低能耗并保护餐具^[2]。

1.2 洗涤过程中的热力学机制

洗涤过程中的热力学机制主要包括热传导、对流换热和热扩散三个方面。热传导是指热量从高温区域向低温区域的传递过程，在洗涤过程中主要体现为加热元件向洗涤水的热量传递^[3]。对流换热则是指洗涤水在循环流动过程中与餐具表面的热量交换。热扩散则描述了温度在洗涤介质中的分布均匀化过程。

洗涤过程中的总传热方程可表示为：

$$Q = Q_{\text{传导}} + Q_{\text{对流}} + Q_{\text{辐射}}$$

其中，在洗碗机内部环境中，辐射传热的影响相对较小，主要考虑传导和对流两种传热方式。

1.3 温度参数与洗涤介质相互作用机理

温度参数对洗涤介质的影响主要体现在洗涤剂活性、污渍分解速率和水分子动能等方面。随着温度升高，洗涤剂分子的活性增强，其表面张力降低，渗透能力提升，有利于污渍的分解和去除^[4]。

温度对洗涤剂活性的影响可用阿伦尼乌斯方程描述：

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

其中，k 为反应速率常数，A 为频率因子，E_a 为活化能，R 为气体常数，T 为绝对温度。

此方程表明，温度升高会显著提高洗涤剂的反应活性，从而提升洗涤效果。然而，过高的温度可能导致洗涤剂分解或餐具损伤，因此需要合理控制温升参数。

2 温升控制技术对洗涤效果的影响机理分析

2.1 温度梯度对污渍去除效率的影响

温度梯度是指洗涤过程中温度在时间和空间上的变化程度。适当的温度梯度能够促进污渍的逐步软化和分解，特别是对于复合型污渍的处理效果显著。研究表明，缓慢的温升过程有利于蛋白质类污渍的变性，而快速升温则对油脂类污渍的乳化效果更佳。

温度梯度对污渍去除效率的影响可通过污渍去除率 η 来衡量：

$$\eta = \frac{M_0 - M_t}{M_0} \times 100\%$$

其中， M_0 为初始污渍质量， M_t 为洗涤 t 时间后的剩余污渍质量。

实验数据显示，在合理的温度梯度范围内，污渍去除率与温升速率之间存在正相关关系，但当温升速率超过临界值时，去除率的提升幅度逐渐减小。

2.2 热能传递过程与洗涤剂活性关系

热能传递过程直接影响洗涤剂的活化程度和作用效果。在洗涤初期，较低的温度有利于洗涤剂的溶解和分散；随着温度升高，洗涤剂分子的运动加剧，其与污渍的结合能力增强。

洗涤剂活性与温度的关系可通过活性系数 α 来描述：

$$\alpha(T) = \alpha_0 \cdot [1 + \beta(T - T_0)]$$

其中， α_0 为参考温度 T_0 下的活性系数， β 为温度系数。

这一关系表明，在一定温度范围内，洗涤剂活性随温度呈线性增长。然而，当温度超过洗涤剂的最适工作温度时，其活性可能出现下降，甚至导致洗涤剂失效。

2.3 温升速率对餐具材质的适应性分析

不同材质的餐具对温度变化的敏感性差异较大。陶瓷类餐具具有良好的耐热性，能够承受较快的温升速率；而塑料类餐具则需要缓慢升温以避免变形或损伤。金属类餐具虽然导热性良好，但在快速升温过程中可能出现热应力集中现象。

餐具材质的热应力可用以下公式计算：

$$\sigma = \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta T}{1 - \nu}$$

其中， σ 为热应力， E 为弹性模量， α 为线性膨胀系数， ΔT 为温度变化量， ν 为泊松比。

基于不同材质的热物理特性，需要制定相应的温升控制策略，以确保在获得最佳洗涤效果的同时保护餐具

不受损伤。

3 温升控制技术分类与特点

3.1 分段式温升控制技术

分段式温升控制技术是将洗涤过程划分为若干个阶段，每个阶段采用不同的温升速率和目标温度。这种技术的优点在于能够针对不同类型的污渍采用最适宜的温度条件，实现精准洗涤。

典型的分段式控制包括预热阶段、主洗阶段和保温阶段。预热阶段采用较慢的温升速率，有利于洗涤剂的充分溶解；主洗阶段快速升温至目标温度，确保洗涤效果；保温阶段维持恒温，巩固洗涤成果。

分段式控制的数学模型可表示为：

$$T(t) = \begin{cases} T_1 + k_1 \cdot t, & 0 \leq t \leq t_1 \\ T_2 + k_2 \cdot (t - t_1), & t_1 < t \leq t_2 \\ T_3, & t_2 < t \leq t_3 \end{cases}$$

其中， T_i 为各阶段的起始温度， k_i 为各阶段的温升速率， t_i 为各阶段的持续时间。

3.2 连续性温升控制技术

连续性温升控制技术采用连续变化的温升曲线，避免了分段控制中的温度突变现象。这种技术能够提供更加平滑的温度变化过程，减少热冲击对餐具的影响，同时保证洗涤效果的一致性。

连续性控制的温度曲线通常采用指数函数或对数函数形式：

$$T(t) = T_0 + (T_{\max} - T_0) \cdot [1 - e^{-t/\tau}]$$

其中， T_0 为初始温度， T_{\max} 为最高温度， τ 为时间常数。

这种控制方式的优势在于温度变化平缓，适合处理对温度敏感的餐具和污渍。然而，其控制算法相对复杂，对控制系统的精度要求较高。

3.3 智能自适应温升控制技术

智能自适应温升控制技术是基于人工智能算法的先进控制技术，能够根据实时检测的污渍类型、餐具材质和洗涤效果自动调整温升参数。这种技术集成了传感器技术、数据处理技术和控制算法，实现了洗涤过程的智能化管理。

智能控制系统的基本结构包括信息采集模块、数据处理模块、决策模块和执行模块。信息采集模块负责实时监测水温、浊度、导电率等参数；数据处理模块对采集的数据进行分析和处理；决策模块基于预设的控制策

略确定温升参数；执行模块负责实施具体的控制指令。

智能控制算法可采用模糊控制、神经网络控制或专家系统等方法。以模糊控制为例，其基本思路是建立温升参数与洗涤效果之间的模糊关系，通过模糊推理确定最优的控制策略。

4 温升控制参数优化策略

4.1 初始温度设定优化方法

初始温度的设定直接影响整个洗涤过程的效果和能耗。过低的初始温度会延长洗涤时间，而过高的初始温度可能导致蛋白质污渍凝固，反而降低洗涤效果。

初始温度的优化可通过建立以下目标函数实现：

$$\min F = w_1 \cdot E + w_2 \cdot T + w_3 \cdot D$$

其中，E 为能耗，T 为洗涤时间，D 为餐具损伤程度， w_i 为权重系数。

约束条件包括：洗涤效果满足预设标准；温度范围在安全限值内；餐具材质承受能力。通过多目标优化算法，可以求解得到不同工况下的最优初始温度设定值。

4.2 温升速率调节策略

温升速率的调节需要考虑污渍特性、洗涤剂类型和餐具材质等多个因素。对于蛋白质类污渍，建议采用较慢的温升速率，避免蛋白质凝固；对于油脂类污渍，可适当提高温升速率，促进油脂乳化。

温升速率的调节策略可建立如下决策表：

污渍类型	餐具材质	推荐温升速率(° C/min)	目标温度(° C)
蛋白质	陶瓷	2-3	50-55
蛋白质	塑料	1-2	45-50
油脂	陶瓷	4-5	60-65
油脂	塑料	2-3	55-60
淀粉	金属	3-4	55-60

4.3 峰值温度控制技术

峰值温度是洗涤过程中达到的最高温度，其设定需要在洗涤效果和安全性之间取得平衡。过高的峰值温度可能导致餐具损伤或洗涤剂分解，而过低的峰值温度则无法充分发挥洗涤剂的作用。

峰值温度的确定可基于污渍去除动力学方程：

$$\frac{dC}{dt} = -k(T) \cdot C^n$$

其中，C 为污渍浓度， $k(T)$ 为温度相关的反应速率常数，n 为反应级数。

通过求解此微分方程，可以确定在给定时间内达到预期洗涤效果所需的最低峰值温度。结合安全性要求，最终确定合理的峰值温度范围。

5 洗涤效果评价与测试方法

5.1 洗涤效果量化评价指标

洗涤效果的量化评价是温升控制技术优化的重要依据。主要评价指标包括污渍去除率、洗净度、残留检测和能耗效率等。

污渍去除率是最直观的评价指标，可通过重量法、光学法或化学分析法测定。重量法适用于大颗粒污渍的测定，光学法适用于表面污渍的评估，化学分析法适用于特定成分污渍的定量分析。

洗净度是指餐具表面的清洁程度，通常采用浊度计或色差仪进行测量。浊度值的降低表明洗涤效果的提升，色差值的减小表明污渍去除的改善。

残留检测主要针对洗涤剂残留和细菌残留两个方面。洗涤剂残留可通过化学试剂检测，细菌残留可通过微生物培养方法检测。

5.2 温升控制效果测试方案

温升控制效果的测试需要建立标准化的测试方案，确保结果的可重复性和可比性。测试方案应包括测试条件设定、样品制备、测试程序和数据处理等内容。

测试条件设定包括水质要求、洗涤剂种类和浓度、污渍类型和分布、餐具材质和数量等。为保证测试结果的代表性，应选择典型的污渍类型和常见的餐具材质进行测试。

样品制备是测试过程中的关键环节，直接影响测试结果的准确性。应制定标准的污渍制备方法，确保污渍的类型、厚度和分布的一致性。

测试程序应严格按照预设的温升控制曲线执行，同时记录温度变化、水流状态、洗涤剂浓度等关键参数。测试过程中应避免外界因素的干扰，确保测试环境的稳定性。

5.3 综合性能评估体系

综合性能评估体系是对温升控制技术整体效果的全面评价，需要综合考虑洗涤效果、能耗水平、时间效率和安全性等多个维度。

建立综合评价指数 S：

$$S = \sum_{i=1}^n (w_i \times S_i)$$

其中， S_i 为各单项评价指标的标准化值， w_i 为相应的权重系数。

各单项指标的权重系数可通过层次分析法或专家

评分法确定。通过综合评价指数的比较,可以客观评估不同温升控制技术的优劣,为技术选择和优化提供科学依据。

此外,还应建立长期性能评估机制,跟踪温升控制技术在实际使用过程中的性能变化,及时发现和解决潜在问题,确保技术的稳定性和可靠性。

6 总结与展望

本研究对洗碗机温升控制技术对洗涤效果的影响进行了全面深入的分析。研究表明,温升控制技术通过精确调节洗涤过程中的温度变化规律,能够显著提升洗涤效果,降低能耗,延长餐具使用寿命。分段式温升控制在处理复合型污渍方面表现优异,连续性温升控制在保护餐具方面具有明显优势,而智能自适应控制技术则代表了未来发展的主要方向。

温升控制参数的优化是提升洗涤效果的关键。初始温度的合理设定、温升速率的精确调节和峰值温度的准确控制,需要综合考虑污渍特性、餐具材质、洗涤剂特点等多个因素。建立标准化的测试方法和综合评价体系,有助于客观评估温升控制技术的实际效果。

未来的研究方向应重点关注以下几个方面:首先,深入研究温升控制技术与新型洗涤剂的协同作用机理,开发更加高效的洗涤系统;其次,结合物联网和大数据技术,构建智能化的温升控制平台,实现远程监控和优

化;再次,探索基于机器学习的自适应控制算法,提升温升控制的智能化水平;最后,加强温升控制技术的标准化研究,建立完善的技术规范和评价体系。

随着消费者对洗涤效果和节能环保要求的不断提高,温升控制技术必将在洗碗机技术发展中发挥越来越重要的作用,为实现高效、节能、智能的洗涤设备提供强有力的技术支撑。

参考文献

- [1]刘永秀,黎铭峰,钟毅,等.关于洗碗机蒸水混合洗技术的研究与应用[J].家电科技,2024,(S1):8-12. DOI:10.19784/j.cnki.issn1672-0172.2024.99.002.
- [2]王文鹏,刘和成,刘勋伟,等.基于一维传热模型的洗碗机能耗仿真和优化[J].家电科技,2024,(01):98-102. DOI:10.19784/j.cnki.issn1672-0172.2024.01.016.
- [3]刘洋,钱文博,胡冬芳,等.洗碗机内循环风机加热烘干技术的研究应用[C]//中国家用电器协会.2023年中国家用电器技术大会论文集.杭州老板电器股份有限公司;,2023:1602-1604. DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.075087.
- [4]张朴.喷淋式洗碗机洗涤性能影响因素研究[J].日用电器,2019,(09):121-123.